

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
Hornicko-geologická fakulta
Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

Využití odpadu po gravitační úpravě granátonosné suroviny

Utilization of Wastes from Gravity Separation Technology of
Garnetiferous Material

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Botula, Ph.D.

Školní rok 2010 / 2011

Obor – ÚSR, navazující II

Datum zadání:

27. 01. 2011

Datum odevzdání:

30. 04. 2011

Diplomant:

Bc. Libor Kohutiak

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut hornického inženýrství a bezpečnosti

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Libor Kohutiak**
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 2102T013 Úprava surovin a recyklace
Téma: **Využití odpadu po gravitační úpravě granátonosné suroviny**
Utilization of Wastes from Gravity Separation Technology of
Garnetiferous Material

Zásady pro vypracování:

Úvod

1. Technologie těžby a úpravy granátonosné suroviny z lokality Podsedice
 2. Charakteristika odpadu z technologie úpravy
 3. Laboratorní zkoušky separace užitečných podílů z odpadu
- Vyhodnocení a závěr

Rozsah práce : 30 - 35 stran textu, 5 - 10 grafických příloh

Seznam doporučené odborné literatury:

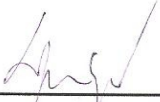
BLÁHOVÁ, O.; HOLBAIN, M.: *Fyzikální rozdělovací procesy I*. Skripta VŠB Ostrava, 1990.
SVOBODA, J.: *Magnetic Techniques for the Treatment of Materials*. Dordrecht, 2004, ISBN 1-4020-2038-4.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Botula, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2010

Datum odevzdání: 30.04.2011


prof. Ing. Pavel Prokop, CSc.
vedoucí institutu




prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

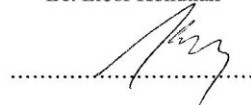
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Droužkovicích 26. 4. 2011

Bc. Libor Kohutiak



Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně.

V Droužkovicích 26. 4. 2011

.....
Podpis

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Botulovi, Ph.D. za odbornou pomoc při laboratorních zkouškách a Dr.Pavlovi Ruckému za nezištnou pomoc při získání vzorku.

Anotace:

Tato diplomová práce se zabývá snahou najít vhodné řešení separace užitečných podílů z granátosné suroviny, která již prošla gravitační úpravou.

V předložené práci je v úvodu nejprve popis užitečného nerostu, jeho vlastností a využití. Dále pak je popsána technologie těžby a úprava granátosné suroviny v lokalitě Podsedice. V další části potom charakteristika odpadu těžby. V závěrečné kapitole jsou zdokumentovány laboratorní testy, které byly provedeny v prostorách VŠB-TU Ostrava. V úplném závěru jsou zpracovány závěry a výsledky provedených zkoušek.

Klíčová slova:

Pyrop, český granát, Podsedice-těžba, drcení, třídění, gravitační separace, pneumatický splav, ruční přebírání, magnetická separace.

Summary:

This thesis is concerned with trying to find a suitable solution to the separation of commercial interests garnetiferous material that has undergone modification of gravity. In the present work is the first description of the commercial introduction of the mineral, its properties and uses. Second, it describes the technology of mining and dressing garnetiferous materials on the site Podsedice. In the next section, then characteristic of mining waste. In the final section are documented in laboratory tests that were conducted on the premises of the VŠB-Technical University of Ostrava. At the end, conclusions are processed and the results of the tests.

Keywords:

Pyrope, Czech garnets, Podsedice-mining, crushing, sorting, gravity separation, pneumatic rafting, hand piking, magnetic separation.

Obsah:

Úvod a cíl práce.....	7
1. Nerostná surovina-pyrop.....	8
1.1 Optické a fyzikální vlastnosti granátů	8
1.2 Odrůdy granátů a jejich vzorce	10
1.3 Historie pyropu v naší zemi	12
1.4 Výskyt pyropu u nás	15
2. Technologie těžby a úpravy granátonosné suroviny z lokality Podsedice	18
3. Laboratorní zkoušky separace užitečných podílů z odpadu	25
3.1 Charakteristika vzorku.....	25
3.2 Ruční přebírání.....	26
3.2.1 Dílčí závěr	29
3.3 Stanovení hustoty.....	29
3.3.1 Dílčí závěr	30
3.4 Separace na pneumatickém splavu.....	30
3.4.1 Dílčí závěr	34
3.5 Magnetická separace.....	35
3.5.1 Dílčí závěr:	35
Závěr:.....	36
Seznam použité literatury:	37
Seznam tabulek.....	38
Seznam obrázků.....	39
Seznam příloh:.....	40

Úvod a cíl práce

Almandin, spessartin, grosulár, andradit, uvarovit a pyrop. To a mnohé další jsou odrůdy kamene zvaného granát. Vyskytuje se v přírodě v různých barvách i různém stavu. Jen málokterý však dosahuje drahokamové kvality. Mnohé odrůdy granátů krásných barev a značných velikostí se vyskytují na Srí Lance, známé to klenotnici naší planety, některé v Brazílii, USA, Itálii nebo Německu. Jedna odrůda je však natolik typická, pro lokalitu svého výskytu, že dostala podle ní i jméno. Pyropy, sytě rudé až krvavé barvy, téměř bez kazů a bezezbytku drahokamové kvality, nacházející se v Českém středohoří, jsou známé jako české granáty.

Jednou z nejvýznamnějších lokalit v České republice, kde se český granát již řadu let těží, jsou Podsedice. Tato obec, která leží nedaleko od města Lovosice je s dobýváním tohoto minerálu spojena téměř šedesát let. Technologický proces za tu dobu prošel řadou změn a zdokonalení. Avšak další zpracování zadního kamínku-produktu po gravitační úpravě granátonosné suroviny-stále čeká na vhodné efektivní řešení. Další užitkové složky, přítomné v tomto materiálu, zejména drahé minerály, používající se ve šperkařství se doposud získávají ručním vybíráním. Cílem této práce proto bylo ověřit jiné možnosti získání dalších užitkových složek přítomných v zadním kamínku.

1. Nerostná surovina-pyrop

Pyrop náleží do početné skupiny granátů, jichž je okolo 20 druhů a liší se zejména chemickým složením. Granáty jsou tzv. kubické nesilikáty, tj. křemičitany krystalující krychlově a vyznačující se poměrně vysokou hustotou struktury. Z toho vyplývá jejich vysoká měrná hmotnost, vysoká tvrdost a index lomu. Patří sem většinou minerály velmi stálé, chemicky a mechanicky nejodolnější. V některých granátických horninách tvoří podstatnou horninotvornou část. V těžené hornině by jeho obsah neměl být nižší než 10 %. Akumuluje se také ve zvětralinových pláštích a říčních náplavech.

Názvem „granatus“ granáty označil již ve 13. století proslulý německý přírodopysce Albert Magnus, snad podle latinského označení pro zrna (granum) nebo podle červené barvy granátového jablka. Pro převládající červenou barvu byly ve starověku granáty řazeny mezi nerosty označované slovem „carbunculus“ (žhavý uhlí) vedle rubínu a červeného spinelu. [1,2]



Obr.1 Kromě jiných minerálů se mezi tříděným materiálem najdou často i zkameněliny

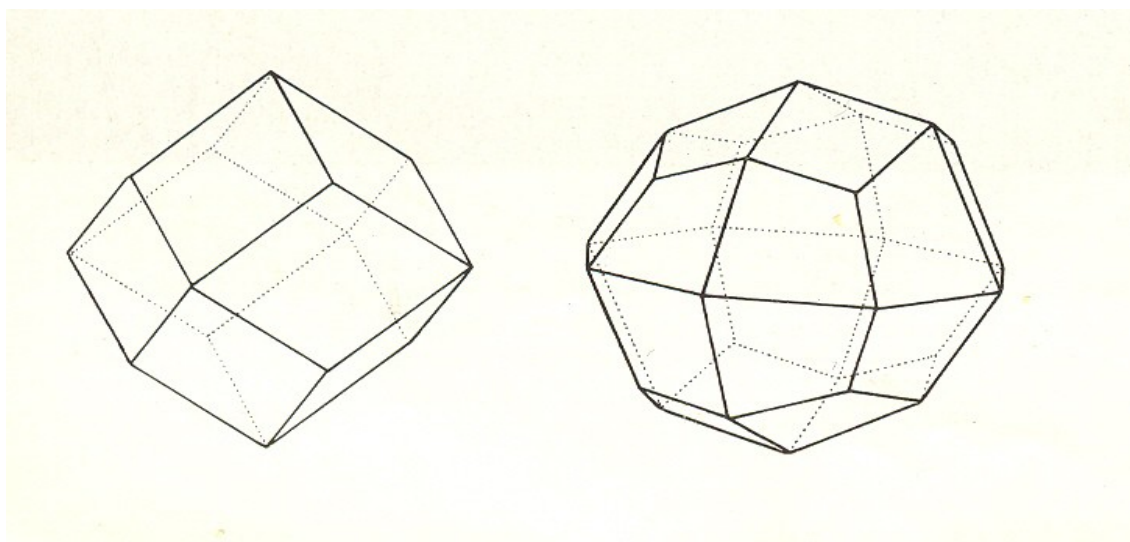
1.1 Optické a fyzikální vlastnosti granátů

Granáty krystalizují v soustavě krychlové. Jejich krystaly však nemají onen přesný tvar, jak jej všeobecně chápeme, nýbrž tvoří nejčastěji tzv. dvanáctistěny kosočtverečné a čtyřiadvacetistěny deltoidové. Poněvadž je dvanáctistěn kosočtverečný u granátů hojně zastoupen, dostal dokonce vedlejší pojmenování granátotvar.

Dvanáctistěny se vyskytují většinou u granátů z krystalických břidlic a čtyřiadvacetistěny jsou častější v pegmatitech. I zde však mohou být poměrně časté výjimky. Velmi často tvoří granáty v horninách zrnité až skoro celistvé shluky. V náplavech se vyskytují v podobě drobných okrouhlých zrn nebo úlomků.

Tvrдость granátů se pohybuje v rozmezí 6,5 – 7,5 a jsou chemicky i mechanicky velice odolné. Nejsou štěpné, mají však odlučnost (zejména almandin), jejich lom je lasturnatý až tříšťnatý. Index lomu je vysoký, činí 1,7 až 1,8. Průhlednost granátů je závislá na chemickém složení, velikosti krystalu, stupni navětrání a také na obsahu nečistětin.

Lesk mívají skelný až mastný. Patří mezi tzv. těžké minerály, hustota je udávána v rozmezí od 3,5 do 4,3 a velmi závisí na chemickém složení (nejmenší u pyropu a grossularu, největší u andraditu). Podle chemického složení se mění i jejich barva. Celkově lze však hovořit o převládajících odstínech červené a hnědé. Naprosto rozmanitá je i velikost granátů. Jsou známy granáty, které uvidíme pouze pod mikroskopem, ale i kameny větší než lidská hlava



Obr. 2 Krystalové tvary granátů

Poslední, spíše technickou vlastností přisuzovanou jim člověkem, je jejich naprosto rozdílné využití jakožto šperkařského kamene. Navíc je třeba si uvědomit, že

jednotlivé druhy granátů se ne vždy vyskytují v přírodě „čisté“, ale často se v jediném exempláři mísí i několik granátových odrůd, takže vznikají nové barevně i chemicky odlišné sloučeniny. Granáty jsou rozdělovány na řadu pyralspitu – hlinitých granátů (pyrop – almandin – spessartin) a ugranditu – vápenatých granátů (grossular – andradit – uvarovit), přičemž granáty obou řad se navzájem mísí jen omezeně.

Na granátech je nejpoutavější jejich barva, nejčastěji červená, která je již s představou granátu nerozlučně spjata. Tato představa není však zcela přesná. Pouze dva nejrozšířenější z drahých kamenů granátové skupiny, pyrop a almandin, tuto barvu skutečně mají. U ostatních převládají jiné barvy. S výjimkou modré barvy setkáváme se u granátů se všemi barevnými odstíny podle složení a podle příměsí, takže granáty jsou typickými zbarvenými nerosty. [2,3]

1.2 Odrůdy granátů a jejich vzorce

Obecný vzorec granátu je $X_3Y_2(SiO_4)_3$, kde místa X jsou většinou obsazována atomy dvojmocných prvků jako Mg, Fe^{2+} , Mn, Ca a místa Y prvky většinou trojmocnými jako Al, Cr, Fe^{3+} a V, vzácněji i Mn, Zr a Ti. Si může být (např. u melanitu) zastoupen Al a Ti (Bernard a kol. 1992). Podle zastoupení různých prvků v pozicích X a Y se rozlišují odrůdy granátu:

Pyrop – křemičitan hořečnato-hlinitý $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$

Almandin – křemičitan železnato-hlinitý $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$

Spessartin – křemičitan manganato-hlinitý $Mn_3Al_2(SiO_4)_3$

Uvarovit – křemičitan vápenato-chromitý $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$

Grossular – křemičitan vápenato-hlinitý $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$

Andradit – křemičitan vápenato-železitý $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$



Obr. 3 Pyrop



Obr. 4 Grosulár



Obr. 5 Spessartin



Obr. 6 Andradit

Granát je minerál, který se v přírodě hojně vyskytuje. Ty nejkrásnější a největší exempláře se používají jako drahé kameny, zatímco méně atraktivní a jemnější zrnitostní kousky se využívají v technice.

Vyrábějí se z nich ložiska pro jemné přístroje (hodinky, kompasy aj.), rozemleté na jemný prášek slouží jako brusný materiál. V Mohsově stupnici má granát stupeň tvrdosti 7, takže s ním lze brousit širokou paletu povrchů. Jako abraziva se užívají především almandin, méně andradit. Kromě tvrdosti granátu se využívá jeho značná hustota, ostrohranná tříštivost a izometrický (stejnorozměrný) tvar zrn. Tento nerost, který není štěpný, se totiž láme v ostrohranné úlomky s tenkými hranami. Tyto úlomky se opět snadno lámou v nové ostré hrany. Je proto vhodný buď k zhotovení granátových látek a papírů, nebo se zužitkovává přímo v podobě volných zrn při opracovávání tvrdých dřev. Granátových látek a papírů se používá k obrušování nejrůznějšího materiálu, neboť jejich řezací schopnost je 2 až 6 krát větší než řezací schopnost křemenného písku. Kromě aplikací jako abrazivního materiálu (zvláště v nábytkářském průmyslu) se vzhledem k tvrdosti, hustotě a inertnosti zvláště hodí k otryskávání a k řezání vysokotlakovým vodním paprskem a jako náplň do rychloprůtokových filtrů ve vodárenství. Zajímavé je využití granátu jako prášku v leštících bubnech, které se používají k leštění polodrahokamů.[4]

1.3 Historie pyropu v naší zemi

„První zpráva o českém granátu je z roku 1546 v knize jáchymovského lékaře Georga Agricoly – „De natura fossilium“. Pro naše země je zvláště charakteristické použití českých granátů, které se na křišťálových nádobách z doby císaře Rudolfa II. vyskytují již poměrně velmi hojně. V menším množství se český granát těžil ovšem již mnohem dříve. V Podkrkonoší i v Českém středohoří byl vyhledáván již ve středověku, zejména ve 14. století za Karla IV. Později, v 15. a 16. století, se začal těžit nejen k šperkařským účelům, ale i jako léčebný prostředek, zcela v duchu tehdejších názorů na magické účinky drahých kamenů“.[5]

V pobělohorské době zcela zaniklo broušení drahých kamenů v Praze, které v době rudolfínské dosahovalo světové úrovně. Hlavním sídlem broušení kamenů v

Čechách se stává Turnov, Rovensko pod Troskami a jejich blízké okolí. České kamenářské umění opouští hlavní město a stěhuje se opět na venkov, který má již v tomto směru dávnou tradici. První písemná zmínka o turnovském kamenářství, uložená nyní v turnovském archívu, je z roku 1671. V roce 1715 bylo v Turnově založeno Bratrstvo kamenářské a v témže roce v Třebívlicích těžárstvo na ložisku granátu, jež je podle západních pramenů nejstarší svého druhu. Od začátku 18. století se zde rozvinula výroba skelné kompozice napodobující barvou granát a zlatnictví. Jedinečnou se stala i výroba šperků z českého granátu v Turnově. Ten se v Turnově brousí dodnes. [6]

Již v roce 1884 byla v Turnově založena odborná klenotnická škola, která má směry jak brusičský a rytecký, tak zlatnický. Byla založena jako první středoevropská škola pro výchovu odborníků v oblasti zpracování drahých kovů. Dnešní SUPŠ má pět studijních oborů. V jejich prostorách je umístěna stálá expozice prací žáků školy, a to ukázky výroby šperků, kovaných předmětů, glyptiky, broušení drahých kamenů, kamenných plastik a rytí drahých kovů.

„Největší rozkvět těžby i zpracování granátů byl v letech 1887 až 1888. Rozvoj granátové módy byl v té době vyvolán zřejmě vývozem granátových šperků z Turnovska do Polska a do Ruska, čímž přišel český granát až na carský dvůr. Jeho mimořádná obliba v Evropě začala především poté, když se na dvorním plese ve Vídni objevila ruská carevna ozdobená krásným kompletem s českými granáty ve zlatě. Tak přišel český granát do módy i na ostatních panovnických dvorech. Kolem roku 1890 se granáty velmi intenzívně brousily na Třebenicku. Je těžké vystihnout všechny činitele, kteří dočasně ukončili slávu tohoto kamene. V prvé řadě to snad byla snaha po rychlých ziscích ze strany podnikatelů. Ti znehodnotili český granát tím, že jej ve velkém množství zasazovali do neušlechtilých kovů, což vedlo k rychlému poklesu ceny. Kromě toho zde jistě spolupůsobila i ta závažná skutečnost, že se totiž v oné době podařila ve velkém výroba syntetického rubínu, která vedla k poklesu ceny všech červených kamenů ve světovém měřítku. Likvidace granátového průmyslu na Třebenicku i na Turnovsku měla pro tyto oblasti na přelomu století i své tragické sociální důsledky“. [5]

Nejlepší informace o našem kamenářství v minulosti i současnosti najde zájemce v bohatých expozicích sbírek Muzea Českého ráje v Turnově, které bylo založeno již roku 1886. S drahými kameny se tam setkáváme ve dvou odděleních, jednak v oddělení mineralogie a geologie, jednak v oddělení turnovského kamenářství, v níž najde

návštěvník ukázky zpracovávaných surovin z našich i cizích nalezišť, jakož i ukázky různých výbrusů. Můžeme zde sledovat vývoj brusičství od prvních leštěných kamenů z doby Karla IV. přes brilantový výbrus až k výbrusům současným. Seznámíme se i s ryteckým uměním a s vývojem českého granátového šperku včetně zlatnictví. Ve své závěrečné části zdůrazňuje expozice i použití přírodních a umělých drahých kamenů v technice a naznačuje důležitost výzkumů v oboru výroby syntetických kamenů. V areálu muzea je v provozu brusičská dílna drahých kamenů.

Další informace o pyropech u nás nabízí Muzeum českého granátu v Třebenicích. Je v něm možné seznámit se s geologickými poměry granátonosné oblasti na jižních svazích Českého středohoří a s historií i současným stavem těžby granátů. Vystavuje mineralogické ukázky i příklady broušených granátů a šperků z nich vyrobených. Zcela mimořádným unikátem je největší vybroušený pyrop, dokonalá routa o průměru základny 12,3 x 8,6 mm a o váze 13,2 karátu. Zcela unikátní je ovšem nejslavnější a nejkrásnější granátový šperk vůbec, souprava Ulriky von Levetzow, přítelkyně J. W. v. Goetha. [5]



Obr. 7 Ruční broušení

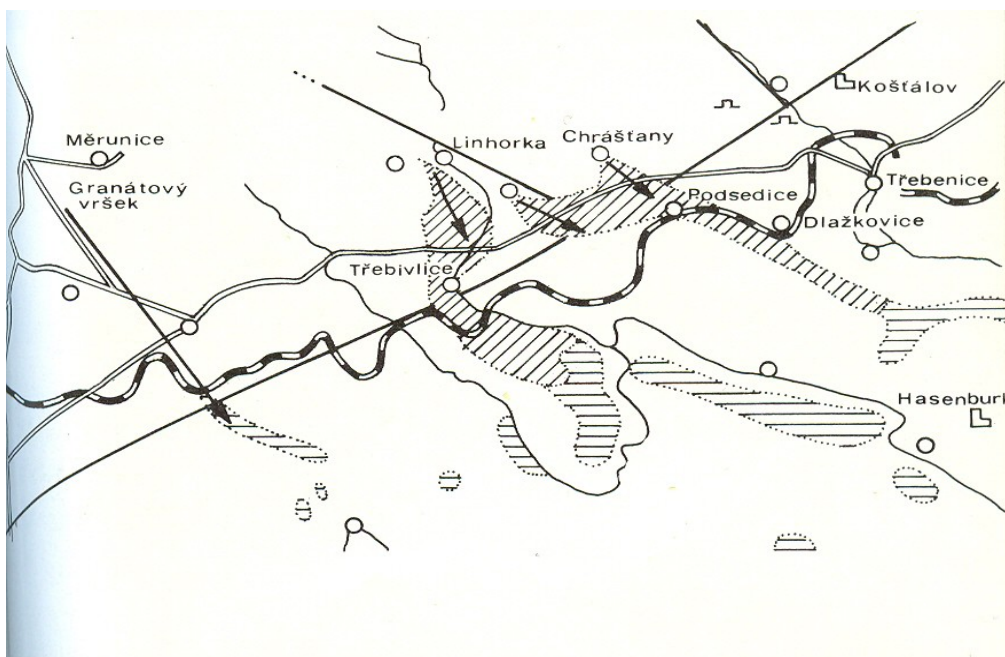


Obr. 8 Osazování šperků kameny

1.4 Výskyt pyropu u nás

Pyrop však není všude vyvinut v drahokamové formě. Naopak, takováto naleziště jsou velice vzácná a i v Čechách vázaná dnes prakticky pouze na oblast Českého středohoří (tzv. český granát).

Většina pyropů na českých nalezištích je do 5 mm velká. Kusy, které mají až 1 cm lze považovat za raritní. V roce 1896 byl nalezen pyrop o váze přes 2g, při hustotě 3,4 až 4,3 a průměru přes 10 mm.



Obr. 9 Mapka pyropových štěrků: šikmo šrafované jsou dobyvatelné štěrky, vodorovně nedobyvatelné; šipkami vyznačen přínos materiálu. [5]

Těžba českého granátu z kvartérních terasových štěrkopísků i z náplavů dnešních toků probíhala dříve mezi Rovenskem pod Troskami a Novou Pakou a jinde v Podkrkonoší. Daleko významnější se však stala těžba štěrků v Českém středohoří u Chrást'an a Podsedic u Třebenic. Odtud pocházejí nejkvalitnější a největší pyropy na světě, z nichž největší vybroušený je ve slavné sbírce Das Grüne Gewölbe v Drážďanech.

Naleziště českých granátů Českého středohoří byla známa odedávna a granáty se v této oblasti těží až do dnešní doby. Známými nalezišti jsou především náplavy na jižních svazích Českého středohoří, které podle převládajícího a nejžádanějšího minerálu dostaly i své jméno – pyropové nebo granátové štěrky. Granátové štěrky, vzniklé rozvětráváním původních matečných hornin a vodou naplavené i do vzdálenějších míst, pokrývají plochu přes 70 km². Pro těžbu je však vhodná pouze desetina z celkové plochy. A tak se z dnešních hlavních nalezišť Podsedice-Dřemčice, Třebívlice a Linhorka-Staré soustředila těžba pouze do ekonomicky nejvýhodnější oblasti Podsedice-Dřemčice. [7,8]

Granáty v náplavech pod Českým středohořím jsou doprovázeny celou skupinou dalších nerostů, které se objevují v těžkém podílu po odstranění křemene a lehčích

minerálů. Často se mluví o „zadním kamínku“. Najdeme v něm magnetit, ilmenit, zirkon, olivín, spinel atd. Je velice pestrý a obsahuje bohatou společnost asi třiceti minerálů. Mezi těžkými nerosty pyropových štěrků Českého středohoří byly také nalezeny tři naše diamanty. Právě tento „zadní kamínek“ je klíčovým tématem této práce.

2. Technologie těžby a úpravy granátonosné suroviny z lokality Podsedice

Nenápadný provoz u obce Podsedice na Třebenicku už několik desetiletí produkuje krvavě rudé, několikamilimetrové České granáty. Těžba se tu i po několika desetiletích dobývání granátu vyplatí, i když podle zdejšího mistra výroby p. Pazourka výnosnost není taková jako kdysi.



Obr. 10 násypka



Obr.11 odkaliště

Dříve bylo v tuně vytěženého materiálu obsaženo i 80 gramů granátu, dnes je to již jen přibližně okolo 10 až 12 gramů. Veškerá hlína a kamení, které se zde vytěží, se vrací zpět na místo těžby a krajina se poté rekultivuje. Těžba Českého granátu, který pochází ze sopečné činnosti začala u Podsedic už v roce 1954. Kdysi se granáty dobývaly a třídily ručně, teď je k dispozici rozdružovací linka.

Úprava suroviny, ve které jsou tisíce malých granátků ukryty není vůbec snadná. Vzhledem ke klimatickým podmínkám je těžba možná jen sezónně. Ta začíná začátkem dubna a končí již koncem října. Hlavním důvodem jsou mrazy, které výrazně ztěžují možnosti dobývání a zpracování granátonosné suroviny tím, že mohou poškodit stroje či čerpadla používané při práci. Těžbu rovněž ztěžují deště, které mění fyzikální vlastnosti těžené horniny. Ta je pak vlivem větší vlhkosti spíše jílovitého charakteru a proto mnohem více kompaktní. Rozdružení takovéto horniny pak výrazně zvyšuje provozní náklady společnosti. Nemalou komplikací při práci je rovněž transport

vytěžené horniny do úpravny, při kterém je zapotřebí přejetí velmi frekventované komunikace. V této fázi je zapotřebí maximální obezřetnosti řidičů nákladních automobilů, aby se zabránilo střetu s projíždějícími vozidly, které by mohly mít fatální následky. Po zbytek roku je veškerý čas zaměstnanců věnován údržbě, generálním a preventivním opravám strojů a zařízení, která se při těžbě používají. Opotřebení je značné a stroje proto musí být pro tak výrazně časově limitovanou pracovní dobu stoprocentně v pořádku. Proto je této etapě věnována maximální pozornost. [9]

Rypadly vytěžená hornina z lomu, který je od úpravny vzdálen cca 1500 metrů je na nákladních automobilech navážena do násypky úpravny. Do haly, ve které se užitkové složky z granátonosné horniny získávají, vstupuje materiál násypkou, ze které je vyplavován do vibračního hrubotřídiče (THT 1500 x 3000) s okatostí roštnic 120 mm. (obr. 12).

Nadsítné třídiče THT je spolu s nadsítným z bubnové pračky (+63 mm) odváděno dopravním pasem na skládku hrubého odpadu. Podsítné (-120 mm) třídiče THT je skluzem vedeno do bubnové pračky BP100 k primárnímu rozplavení. (obr. 13)



Obr. 12 Hrubotřídič



Obr. 13 Bubnová (tyčová) pračka

Bubnová pračka má dvě síťové nastavby okatosti 5 a 63 mm. Třída 5 až 63 mm je dále rozplavována ve dvourotorové pračce RP 800 x 5600/2. Podsítné -5mm spolu se slivem dvourotorové pračky je čerpáno čerpadly MAPE 100 na vibrační třídič SVT 2200 x 4000 mm. Vypraný produkt dvourotorové pračky je pasovým dopravníkem 650 mm/22m dopraven rovněž na třídič SVT. Nadsítné třídiče SVT (+8 mm) je odváděno pasem na skládku drobného odpadu. Frakce 1-3 mm a 3-8 mm jsou každá zvlášť rozduřovány na sazečkách Krupp. Frakce -1 mm se odvádí jako odpad do centrální

kalové jímky, odkud se dopravuje čerpadlem MAPE 150 na odkaliště. Frakce 3 – 8 mm a 1 – 3 mm je upravována na sazečkách KRUPP, podsítné je čerpáno na odkaliště. Sazečky KRUPP jsou tříkomorové, pístové. Přepadem je vynášen lehčí produkt – odpad. Dle pokynů mistra je ze sazečky vybírán surový granátový koncentrát, který se dále upravuje. U sazeček je třeba dbát na správné množství vody tak, aby docházelo k rozduřování rudniny. Vody musí být dostatek, ale nesmí stříkat ani přetékat. Obsluha musí dodržet u jemnější frakce stejnoměrné rozdělení materiálu do sazeček, aby nedocházelo k jejich přetížení. [10]

Proces rozduřování v sazečkách patří do skupiny dynamického gravitačního rozduřování. Je založen na rozdělování zrn suroviny podle měrné hmotnosti a velikosti ve střídavém vzestupném a sestupném vertikálním proudu vody při současném horizontálním posunu vrstvy. Proud je vyvolán vpouštěním a vypouštěním tlakového vzduchu do vzduchových komor pod hladinou sazečky za současného horizontálního posuvu vrstvy rozduřovaného materiálu působením průtoku spodní vody. Ta současně přemísťuje podíly s nižší měrnou hmotností do následných sekcí sazečky, kde se splavují.

Rozduřovací proces v sazečkách je ovlivněn:

- ☐ měrnou hmotností materiálu
- ☐ velikostí a tvarem rozduřovaných částic
- ☐ amplitudou, tvarem a frekvencí pulzů vodního prostředí
- ☐ výškou vrstvy rozduřovaného materiálu

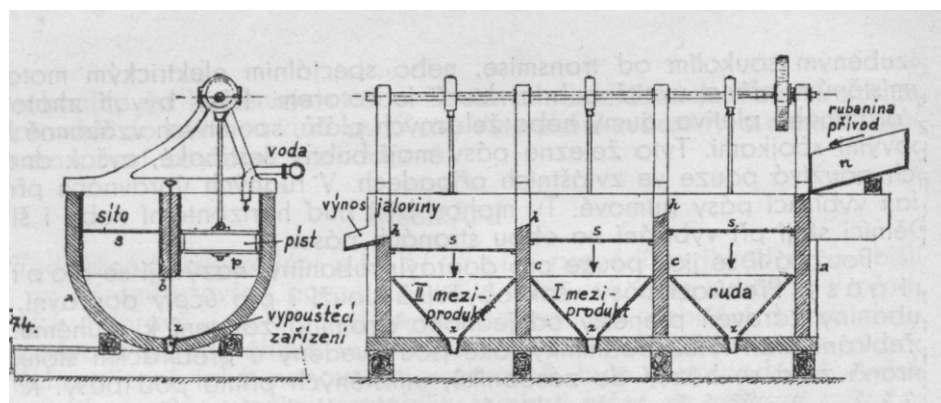
Při průchodu sazečkou dojde k rozložení částic různých měrných hmotností a velikostí do horizontálních kvalitativně rozdílných vrstev. Kleslé podíly s největší měrnou hmotností jsou vynášecím zařízením ze sazečky vyneseny, poté jsou odvodněny a tvoří výsledný produkt konkrétního pole sazečky. Tady už zůstává finální produkt, granáty ve velikosti od 2,2 do 8 milimetrů. [10,11]

Podíly s nižší měrnou hmotností jsou splaveny do dalšího pole, kde probíhá podobný proces. Na výstupu sazečky vytéká voda, která unáší nejlehčí produkt. V podélném řezu může mít sazečka několik polí. V každém poli lze získat konečný produkt jiné kvality. Pro vyvolání pulzace vody se používá stlačený vzduch vpouštěný do a vypouštěný ze vzduchových komor sazečky.

Sazečky, pracují se střídavým vzestupným a sestupným pohybem vody v zařízení. Schematické znázornění práce sazečky, využívající různých hustot užitkových a hlušinových minerálů a tudíž i různých pádových rychlostí ve střídavě vzestupném a sestupném vodním proudu, je na obrázku 14. Minerály s vyšší hustotou se kumulují v prvním poli sazečky a jsou vynášeny šterbinou mezi prvním a druhým polem, která je otevírána podle výšky vrstvy materiálu. Materiál s menší hustotou – prorostlina a hlušiny - je vodorovným proudem vody unášen do dalšího pole a opět je vynášena těžší prorostlina šterbinou a lehčí hlušina odchází přepadem. Sazečky mohou být použity pro celou škálu zrnitosti od hrubých částic po jemné, jsou však mezi nimi konstrukční rozdíly a pro jemnější zrno jsou jiné metody úpravy efektivnější.[11,12]



Obr.14 Tříkomorová sazečka Krupp

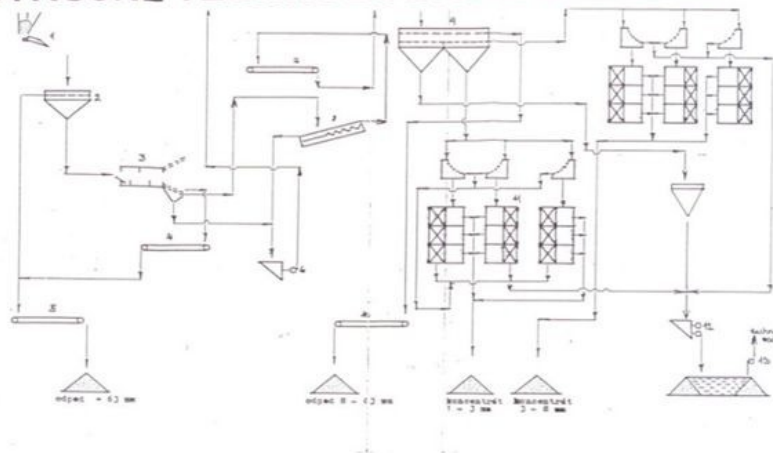


Obr. 15 Schematické znázornění funkce sazečky

Kamení je převáženo na nákladních automobilech zpět do lomu, rozplavený jíl pak potrubím do odkalovací jímky. Rovněž voda z odkališť je čerpadly opět vrácena zpět k rozplavování na vstupu. Také sedimenty z ní pak přijdou zpět do místa těžby. Krajina se následně rekultivuje, aby se po vytěžení užitečné složky navrátila co nejvíce zpět do původního stavu. [10]

Výsledný produkt tzv. zadní kamínek se již řadu let ze sazeček vybírá a cca jednou týdně se odváží do Turnova, kde je podroben ručnímu přebírání. Podle logistických záznamů úpravny se jedná o průměrně 100 kg materiálu týdně. Z tohoto množství je pak ručně vyseparováno cca 8-10% užitečné složky (českých granátů). Vedle granátové složky však zadní kamínek obsahuje rovněž určitý podíl rubínů, safírů, dále jsou přítomny zirkony, olivíny a jiné těžké minerály. Vzhledem k velice pracnému postupu ručního třídění, bylo naší snahou nalézt vhodnější metodu separace užitečných podílů, která by byla efektivnější a účinnější. Z tohoto důvodu byla provedena řada experimentů, jejichž cílem bylo ověřit možnosti separace těžkých minerálů ze zadního kamínku.

STROJNĚ TECHNOLOGICKÉ SCHÉMA



Obr. 16 Strojně-technické schéma úpravny v Podsedicích

Legenda k strojně-technickému schématu-seznam strojních zařízení na nové úpravně v Podsedicích a jejich instalovaný příkon:

1.) Vibrační podavač (1x2,2 říd)	2 x 1,5 kw
2.) Vibrační třídící THT 1500x3000 mm	11 kw
3.) Bubnová pračka cca	15 kw
4.) Pasový dopravník 3650 mm	1,5 kw
5.) Pasový dopravník š 800 mm	5,5 kw
6.) Čerpadlo MAPE 100 (čerpání mater, do 5 mm)	do 30 kw
7.) Pasový dopravník š 650 mm, d. 22 m	5,5 kw
8.) Dvourotorová pračka 3P 300 x 5600/2	2x11 kw
9.) Vibrační třídící SVT 2200 x 4000 mm	2x7,5 kw
10.) Pasový dopravník 400mm	2,5 kw
11.) Sazečky KRUPP 6ks	2,2 kw
12.) Čerpadlo MAPE 150 (čerpání odpadů) 2 ks	55 kw
13.) Čerpadlo na rozvod technologické vody 2 ks	do 2 kw
14.) Kalová čerpadla přenosná KOFU	2 x 3 kw

[13]



Obr. 17 Vibrační třídič



Obr. 18 Dopravník

3. Laboratorní zkoušky separace užitečných podílů z odpadu

3.1 Charakteristika vzorku

Experimentům byl podroben vzorek zadního kamínku (o hmotnosti 17.68 kg), z něhož byl předem odseparován užitečný granátový podíl. Vzorek představuje směs hornin o zrnitosti 0-8 mm, se zrny víceméně pravidelného oválného tvaru, světle šedé až tmavě hnědé barvy. Kromě těchto hlušinových podílů vzorek obsahuje (dle sdělení pracovníků úpravy) určitý, proměnlivý podíl užitečných minerálů, využitelných ve šperkařství (zejména olivín a zirkon, popřípadě safíry a rubíny). Z dalších minerálů pak může obsahovat magnetit a kyanit. Základní charakteristika výše zmíněných minerálů je uvedena v tabulce 1.

Tabulka 1 Charakteristika vybraných těžkých minerálů ze zadního kamínku

Minerál	Chemický vzorec	Tvrдост	Hustota Kg.m ⁻³	Magnetismus	Vodivost
Olivín	(Mg,Fe) ₂ [SiO ₄]	6-7	3300-3500	Paramagnetický	Nevodivý
Zirkon	ZrSiO ₄	4-7	4700	Diamagnetický	Nevodivý
Kyanit	Al ₂ SiO ₅	4,5-7,5	3600-3700	Diamagnetický	Nevodivý
Magnetit	Fe ₃ O ₄	6	5200	Feromagnetický	Vodivý

[14,15,16,17]

3.2 Ruční přebírání

Pro získání prvního přehledu o množství a charakteru přítomných užitečných minerálů byl odebraný vzorek podroben ručnímu třídění. Aby byl tento proces usnadněn, byl materiál roztříděn na tři zrnitostní třídy (0-2mm, 2-4mm, 4-8mm). Jednotlivé podíly byly poté ručně přebrány (s pomocí pinzety a lupy).

Ve frakci největší zrnitosti nebyl nalezen ani jeden užitečný minerál. V nejjemnějším podílu (0-2 mm) byly ručním přebíráním nalezeny dva střepy granátu a dvě malá zrna zirkonu a magnetitu s celkovou hmotností 1.35g. Převážná část užitečných minerálů byla obsažena v produktu zrnitosti 2-4 mm (10,79 g zirkonu, 17,87 g olivínu a 2,35 g granátu). Z dalších nerostů byl zastoupen také magnetit (7,73 g) a kyanit (5,81 g). Pro lepší přehlednost zjištěných údajů jsou výsledky separace zpracovány do tabulky 2. Pohled na získané produkty uvádí obrázky 19 až 22.



Obr. 19 Nadsítné +4 mm(vpravo) a podsítné 0-4 mm na snímku vlevo



Obr. 20 Nadsítné(vpravo) +2 mm a podsítné 0-2 mm na snímku vlevo

Tabulka 2 Výsledky ručního přebírání

Frakce	Zrnitost [mm]	Hmotnost [kg]	Výnos [%]	Hmotnost užitečných minerálů [kg]	Obsah užitečných minerálů [%]
1	0-2	0.36	2.04	0.00135	0.375
2	2-4	5.30	30.15	0.04455	0.841
3	4-8	11.92	67.81	0.0	0.0
celkem	0-8	17.58	100.00	0.0459	0.261



Obr. 21 Ručně vyseparované minerály (zirkon,olivín)



Obr. 22 Jediný nalezený český granát

3.2. 1 Dílčí závěr

Z výsledků, dosažených při ručním přebírání je vidět, že sledovaný vzorek obsahuje velmi malé množství užitečných minerálů, odpovídající přibližně 0.3% celkového množství. Tato skutečnost je zřejmě ovlivněna současnými nepříznivými dobývacími podmínkami na ložisku Podsedice, kde se v současné době těží surovina s minimálními obsahy užitečných nerostů.

3.3 Stanovení hustoty

Pro stanovení hustoty zadního kamínku byl použit materiál po ručním vybrání užitečných minerálů. Hustota byla stanovena pyknometrickou metodou podle ČSN EN 1097 (Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva). Výsledky stanovení jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3 stanovení hustoty zadního kamínku (bez užitečných minerálů)

zkouška č.	hustota [kg.m ⁻³]
1	3734
2	3740
3	3734
střední hodnota	3736



Obr. 22 Pyknometry s nadrceným vzorkem k vytemperování

3.3.1 Dílčí závěr

Na základě pyknometrického měření byla stanovena hustota odebraného vzorku 3736 kg.m^{-3} . V porovnání s předpokládanými hodnotami hustot (tak, jak vycházejí z údajů o mineralogickém složení průvodních hornin ložiska Podsedice – bazalty a tefrity), které by se měly pohybovat v rozmezí $2900\text{-}3000 \text{ kg.m}^{-3}$, představuje stanovená hustota velmi extrémní hodnotu, která nebyla dosud nikde publikována. Zvýšená hustota horninových částic může být způsobena přítomností zrn s jemnými vtroušeninami feromagnetického magnetitu. Porovnáním s měrnou hmotností českého granátu, která je $3790 - 3890 \text{ kg.m}^{-3}$, či s ostatními užitkovými minerály, jejichž hustota se blíží stanovené hustotě zadního kamínku, docházíme k závěru, že jsou velmi podobné a tudíž gravitační získávání těchto minerálů nepřipadá v zásadě v úvahu.

3.4 Separace na pneumatickém splavu

Vzhledem ke skutečnostem, uvedeným v předcházejícím textu práce je nutno konstatovat, že nasazení gravitačních metod úpravy pro získání užitkových minerálů z poskytnutého vzorku zadního kamínku není reálné. Proto byly experimenty zaměřeny alespoň na možnost nasazení gravitační separace pro oddělení části neužitkových podílů a tím usnadnění dalšího ruční přebírání u finálního zpracovatele produktu.

Po ručním přebrání byly frakce, ve které byly nalezeny užitkové těžké minerály tedy zrnitostní třídy 0-2mm a 2-4 mm o celkové hmotnosti 5,66 kg opětovně smíchány dohromady (včetně odseparovaných minerálů) a takto získaný vzorek byl podroben rozdužování na pneumatickém splavu TRIPLE –S DYNAMIC (SEPOR), model V135-E (obrázek 24).



Obr. 24 Pneumatický rozdružovací splav V 135 E

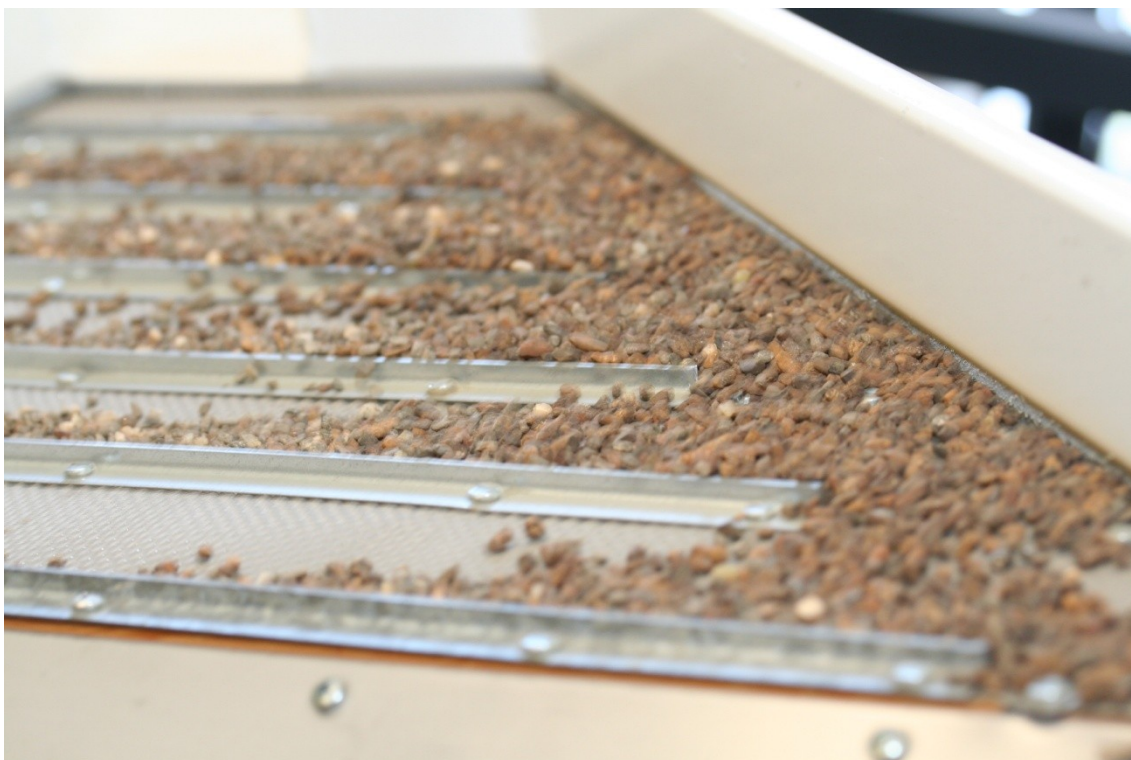
Zařízení je použitelné ke gravitačnímu rozdružování užitkových surovin s využitím principu „fluidizace“, tzn. rozdělení suchého, zrnitého materiálu ve vzestupném proudu vzduchu, přičemž hlavními dělicími veličinami jsou **rozdílná hustota, tvar a velikost zrn** jednotlivých složek suroviny. Separace je prováděna na porézní pracovní ploše z kovové tkaniny. Na této ploše dochází působením vzestupného proudu vzduchu (přiváděného ze spodní části přístroje) k rozdělení vrstvy materiálu podle hustoty. Specificky těžší částice (tvořící spodní vrstvu) se pohybují po pracovní ploše a jsou pomocí vibračního pohybu plochy transportovány podélně k výstupnímu konci (dolnímu) pro těžkou frakci. Specificky lehčí částice jsou proudem vzduchu uvedeny do vznosu, tvoří vrchní vrstvu fluidního lože a jsou vynášeny na výstupním konci (horním) lehčích částic. Meziprodukt je vynášen uprostřed pracovní plochy. Model V 135- E je navržen speciálně pro laboratorní kontrolu jakosti nebo pro kontinuální výrobní provozy s nízkou kapacitou. Kapacita zařízením pohybuje od 68 kg-226 kg materiálu za hodinu, v závislosti na vlastnostech částic, jako je objemová hmotnost, velikost a tvar částic. [19]

Průběh separace je možno regulovat změnou průtoku vzduchu pracovní plochou, frekvence vibračního pohybu a příčného i podélného sklonu pracovní plochy. Čistotu výsledných produktů a jejich počet je možno měnit pomocí polohovatelných dělicích přepážek. Protože nastavení vhodných provozních parametrů rozdružovače je možno provést pouze metodou pokus-omyl, byly v průběhu separace postupně měněny výše uvedené provozní parametry a vizuálně byl kontrolován průběh rozdružování.

V první fázi byly proměnné parametry nastaveny přibližně na střední hodnoty:

- a) vibrace 5 (na stupnici 1-10)
- b) podélný sklon 6 (na stupnici 1-10)
- c) množství vzduchu 5 (na stupnici 1-10)

Vizuálním pozorováním průběhu separace bylo zjištěno, že se v pravé části (výše položené) pracovní desky začaly soustřeďovat specificky těžší podíly (hnědé až tmavě hnědé barvy), mezi kterými byly pouhým okem vidět i užitékové složky (olivín, zirkon), v levé části pracovní desky se koncentrovaly specificky lehčí podíly světlejší, převážně šedé až žlutošedé barvy (obrázek 25). Ve střední části splavové desky se hromadilo poměrně velké množství směsného produktu. Předpoklad, že se mezi světlejšími (a specificky lehčími) částicemi nebude vyskytovat žádná z užitékových složek, se však nepotvrdil. Po překontrolování výsledných produktů, které byly na výstupu zachytávány do plastových nádob, byly i mezi světlejšími zrny nalezeny užitékové podíly.



Obrázek 25 Průběh první fáze separace

Postupnou změnou proměnných parametrů a vizuálním hodnocením průběhu rozduřování bylo jako nejvhodnější vyhodnoceno následující nastavení separátoru:

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| a) vibrace | 9 (na stupnici 1-10) |
| b) podélný sklon | 10 (na stupnici 1-10) |
| c) množství vzduchu | 10 (na stupnici 1-10) |

Vzhledem k nastaveným parametrům - zvláště intenzitě proudícího vzduchu, se vzorek velmi rychle rozdělil na frakce s rozdílnými hustotami, které se od sebe, na rozdíl od předcházejících experimentů, výrazně barevně lišily (obrázek 26). Množství meziprojektu bylo v porovnání s ostatními experimenty velmi nízké.

Získané produkty byly zváženy a podrobeny ručnímu přebírání. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4 Výsledky pneumatické separace

Produkt	Hmotnost [kg]	Výnos [%]	Hmotnost užitečných minerálů [kg]	Obsah užitečných minerálů [%]
těžký podíl.	2.80	51.3	0.0459	1.639
střední podíl	0.46	8.2	0.0	0.00
lehký podíl	2.29	40.5	0.0	0.00
celkem	5.55	100.00	0.0459	0.841



Obrázek 26 Rozdělení vzorku na frakce s nižší a vyšší hustotou

3.4.1 Dílčí závěr

Postupnou změnou parametrů pneumatického separátoru se podařilo ze vzorku zadního kamínku zrnitosti 0-4mm oddělit lehkou frakci, ve které po ručním přebrání nebyla nalezena žádná z užitečných složek. Hmotnostní podíl této frakce činí přibližně 49%, což ve svém důsledku představuje poměrně výrazné snížení celkového množství materiálu, které je nutno podrobit dalšímu ručnímu přebírání.

3.5 Magnetická separace

Produkty pneumatické separace (lehký podíl, střední podíl a těžký podíl) byly podrobeny ruční magnetické separaci pomocí permanentního magnetu. Tento krok by měl pomoci alespoň částečně objasnit stanovenou extrémní hodnotu hustoty zkoumaného vzorku. Výsledky této operace jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5 Výsledky ruční magnetické separace

Produkt	Výnos produktu [%]	Obsah feromagnetických podílů [%]
těžký podíl.	51.3	17.6
střední podíl	8.2	63.6
lehký podíl	40.5	68.5
celkem	100.0	41.9

3.5.1 Dílčí závěr:

Pomocí permanentního magnetu bylo ze vzorku zadního kamínku (0-4mm) získáno přibližně 42% podílu, který vykazoval feromagnetické vlastnosti (bylo jej možno odstranit pomocí permanentního magnetu). Překvapivým faktem však je, že nejvyšší obsah magnetických podílů byl stanoven v lehkém produktu magnetické separace. Tato skutečnost odporuje předpokladu o přechodu horninových částic s vtroušenými feromagnetickými minerály - magnetitem do těžkého produktu a jejich vlivu na extrémní hustotu průvodních hornin (tak jak byl vysloven v kapitole o stanovení hustoty).

Závěr:

Diplomová práce je věnována problematice dalšího zpracování zadního kamínku – produktu po gravitační úpravě granátonosné suroviny z lokality Podsedice. Cílem práce bylo ověření možnosti získání dalších užitkových složek, přítomných v tomto materiálu – zejména minerálů, vhodných pro šperkařskou výrobu. V průběhu experimentálních prací bylo zjištěno, že odebraný vzorek zadního kamínku zřejmě nepředstavuje reprezentativní vzorek suroviny. Mimořádně nepříznivé poměry v ložisku, v současnosti s velmi nízkými mocnostmi granátonosných hlinitých štěrků (cca 0,5 – 0,7 m) a rovněž s nízkými obsahy těžkých minerálů včetně pyropů se promítly i do anomálního složení analyzovaného vzorku. Dalším mimořádným momentem byla přítomnost horninových zrn (různých bazických terciérních vyvřelin typu basalt – tefrit) o naměřených extrémních hustotách 3736 kg.m^{-3} , neadekvátních jejich běžnému mineralogickému složení (při předpokládaných hustotách publikovaných v pracích o petrografii vulkanických hornin Českého středohoří cca $2900 - 3000 \text{ kg.m}^{-3}$).

Po zjištění těchto skutečností byla práce zaměřena alespoň na možnost snížení množství materiálu – zadního kamínku, podrobovaného v současnosti ručnímu vybírání šperkařských pyropů v Družstvu umělecké výroby GRANÁT Turnov. Bylo zjištěno, že nasazením dodatečné gravitační úpravy zadního kamínku (popřípadě v kombinaci s magnetickým rozdělováním pomocí permanentních magnetů) je možno snížit množství materiálu, určeného k přebírce o více než 50%. To by ve svém důsledku podstatně zvýšilo efektivitu poměrně vysokého podílu ruční práce při zhodnocování granátonosné suroviny. V úvahu přichází rovněž změna, popřípadě optimalizace stávající technologie úpravy granátonosné suroviny na lokalitě Podsedice. Pro získání reprezentativnějších výsledků však bude nutno v provedeném výzkumu dále pokračovat s využitím reprezentativnějších vzorků suroviny.

Seznam použité literatury:

- [1] Zamarský, V. a kol.: *Mineralogie a petrografie*. Ostrava, VŠB 1990, 313 s.
- [2] Tuček, K., Tvrz, F.: *Kapesní atlas nerostů a hornin*. Praha, SPN 1971, 340 s.
- [3] Gregorová, M. a kol.: *Mikroskopie horninotvorných a technických minerálů*. Brno, Moravské zemské muzeum a Přírodovědecká fakulta MU 2002, 326 s.
- [4] Harben, P. W.: Garnet. In *The industrial Minerals Handbook IV. Industrial Minerals Information*, Surrey (United Kingdom), 2002, s. 140-145.
- [5] Bouška, V., Kouřimský, J.: *Drahé kameny kolem nás*. Praha, SPN 1976, 352 s.
- [6] Klečák, J., Holásek, O.: *Český granát*. Ústí nad Labem, Severočeské nakladatelství 1972, 224 s.
- [7] Sejkora, J., Kouřimský, J.: *Atlas minerálů České a Slovenské republiky*. Praha, Academia 2005, 376 s.
- [8] Bernard, J. H. a kol.: *Encyklopedický přehled minerálů*. Praha, Academia 1992, 704 s.
- [9] http://litomericky.denik.cz/zpravy_region/20100902podsedice_granat.html
- [10] *Technologické a pracovní postupy úpravny Podsedice (19. 1. 2010 - Ing. Petr Rezek Ph.D. závodní lomu)*
- [11] Bláhová, O.; Holbain, M.: *Fyzikální rozduřovací procesy I. Skripta VŠB Ostrava*, 1990
- [12] http://www.hornictvi.info/prirucka/up_rudy/12.htm
- [13] *Strojně technologické schéma úpravny Podsedice (19. 1. 2010 - Ing. Petr Rezek Ph.D. závodní lomu)*
- [14] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Oliv%C3%ADn>
- [15] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Zirkon>
- [16] <http://sk.wikipedia.org/wiki/Kyanit>
- [17] <http://sk.wikipedia.org/wiki/Magnetit>
- [18] <http://www.sepor.com/new/airtbl.pdf>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 Charakteristika vybraných těžkých minerálů ze zadního kamínku.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabulka 2 Výsledky ručního přebírání.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabulka 3 stanovení hustoty zadního kamínku (bez užitkových minerálů).....</i>	<i>29</i>
<i>Tabulka 4 Výsledky pneumatické separace</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 5 Výsledky ruční magnetické separace</i>	<i>35</i>

Seznam obrázků

Obr. 1 Kromě jiných minerálů se mezi tříděným materiálem najdou často i zkameněliny

8

Obr. 2 Krystalové tvary granátů..... 9

Obr. 3 Pyrop 11

Obr. 4 Grosulár 11

Obr. 5 Spessartin 11

Obr. 6 Andradit..... 11

Obr. 7 Ruční broušení..... 14

Obr. 8 Osazování šperků kameny 15

Obr. 9 Mapka pyropových štěrků: šikmo šrafované jsou dobyvatelné štěrky, vodorovně nedobyvatelné; šipkami vyznačen přínos materiálu. 16

Obr. 10 násypka Obr. 11 odkaliště 18

Obr. 12 Hrubotřidič Obr. 13 Bubnová (tyčová) pračka 19

Obr. 14 Tříkomorová sazečka Krupp 21

Obr. 15 Schematické znázornění funkce sazečky..... 21

Obr. 16 Strojně-technické schéma úpravny v Podsedicích..... 23

Obr. 17 Vibrační třidič 24

Obr. 18 Dopravník..... 24

Obr. 19 Nadsítné +4 mm(vpravo) a podsítné 0-4 mm na snímku vlevo 26

Obr. 20 Nadsítné(vpravo) +2 mm a podsítné 0-2 mm na snímku vlevo 27

Obr. 21 Ručně vyseparované minerály (zirkon,olivín) 28

Obr. 22 Jediný nalezený český granát 28

Obr. 22 Pyknometry s nadrceným vzorkem k vytemperování 29

Obr. 24 Pneumatický rozdružovací splav V 135 E 31

Obrázek 25 Průběh první fáze separace..... 33

Obrázek 26 Rozdělení vzorku na frakce s nižší a vyšší hustotou 34

Seznam příloh:

Příloha č.1 CD: